

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-046284

(43)Date of publication of application : 14.02.1995

(51)Int.Cl.

H04L 27/34

H04B 1/10

**H04B 7/26**

H04B 17/00

(21)Application number : 05-185084

(71)Applicant : MITSUBISHI ELECTRIC CORP

(22)Date of filing : 27.07.1993

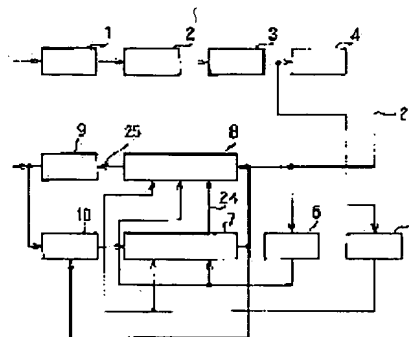
(72)Inventor : SUNAGA TERUMI

(54) **FADING COMPENSATION DEVICE**

(57)Abstract:

**PURPOSE:** To attain estimate of fading at high accuracy by estimating fading fluctuation through the use of not only fading fluctuation in a pilot symbol but also fading fluctuation in an information symbol.

**CONSTITUTION:** A pilot symbol detection part 6 detects a pilot symbol from a reception signal converted into a base band at an orthogonal demodulation part 3 and sampled by an A/D converter 4. A fading estimate part 7 estimates fading fluctuation in an information symbol based on a pilot symbol detected by the pilot symbol detection part 6 and a re-modulation result obtained from the discrimination result at a re-modulation part 10. The fading fluctuation in the information symbol is compensated by using an estimate value 24 of the fading fluctuation in the information symbol obtained by the estimate part 7 and multiplying its inverse characteristic with a reception signal to obtain a complex base band signal 25 in which the fading fluctuation is compensated. Then the complex base signal is regenerated from the signal discriminated by a discrimination part 9 in the re-modulation part 10.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

12.09.1997

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

**Best Available Copy**

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3018840

[Date of registration]

07.01.2000

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-46284

(43) 公開日 平成7年(1995)2月14日

(51) Int.Cl.<sup>5</sup>

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 4 L 27/34

H 0 4 B 1/10

7/26

L 9298-5K

9297-5K

9297-5K

H 0 4 L 27/ 00

H 0 4 B 7/ 26

E

C

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 8 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号

特願平5-185084

(22) 出願日

平成5年(1993)7月27日

(71) 出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72) 発明者 須永 輝巳

鎌倉市大船五丁目1番1号 三菱電機株式

会社通信システム研究所内

(74) 代理人 弁理士 高田 守

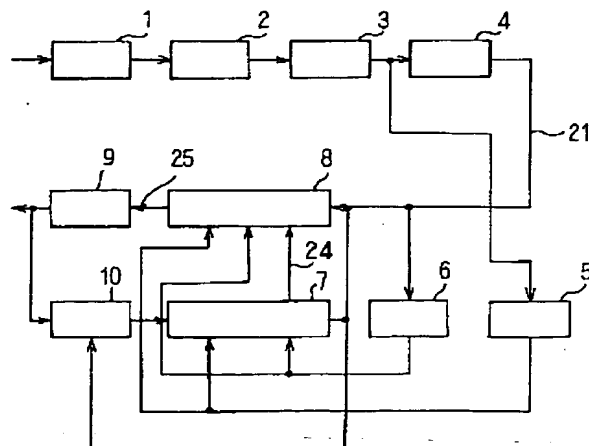
(54) 【発明の名称】 フェージング補償装置

(57) 【要約】

【目的】 パイロットシンボルを用いたフェージング補償装置において、情報シンボルにおけるフェージング変動を測定する手段を付加することで、高精度にフェージング変動が補償可能なフェージング補償装置を得る。

【構成】 再変調部10において判定結果を変調し、その再変調結果と受信信号を用いて情報シンボルにおけるフェージング変動を測定し、この測定結果とパイロットシンボルにおけるフェージング変動の測定結果を用い情報シンボルにおけるフェージング変動を推定し、この推定値を用いてフェージング変動を補償する。

【効果】 従来、パイロットシンボルのフェージング変動の測定値のみを用いてフェージング変動の推定・補償を行っていたのに対し、情報シンボルとパイロットシンボルのフェージング変動の測定値を用いて情報シンボルのフェージング変動を推定するため、高精度なフェージングの推定が可能となり、その結果、高精度なフェージング変動の補償が可能となる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 送信データに従った複素ベースバンド信号（以後情報シンボルと言う）を生成するベースバンド信号生成部と、上記情報シンボルにあらかじめ定められた振幅と位相を有するパイロットシンボルを定期的に挿入するパイロットシンボル挿入部を備えた送信装置と、上記送信装置の受信信号から上記送信装置で定期的に挿入された上記パイロットシンボルを検出するパイロットシンボル検出部と、上記パイロットシンボル検出部で検出したパイロットシンボルの変動量を測定し上記情報シンボルの変動量を推定するフェージング推定部と、上記フェージング推定部で推定した変動量を用いて上記情報シンボルのフェージング変動を補償するフェージング補償部を備えたフェージング補償装置において、フェージング補償された情報シンボルより検出したフェージング変動と上記パイロットシンボルのフェージング変動量をあわせて情報シンボルのフェージング変動を推定し補償する手段を有することを特徴とするフェージング補償装置。

【請求項2】 送信側で情報シンボルを誤り訂正符号化する誤り訂正符号化部と、受信側でフェージング補償された上記情報シンボルを上記誤り訂正符号を用いて誤り訂正する誤り訂正復号化部と、上記誤り訂正された情報シンボルを情報シンボルのフェージング検出に使う事の特徴とする請求項1に記載のフェージング補償装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】この発明は陸上移動通信のフェージング変動の補償装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】近年、社会・経済活動の多様化、広域化および自動車の役割の増大に伴い、陸上移動通信は飛躍的な発展を遂げてきた。この発達に伴い陸上移動通信においてもデジタル変調方式が導入されつつある。この陸上移動通信のデジタル化に際しては、陸上移動通信

$$T_p = N T_g$$

このことから、 $k$ 番目のフレームにおける $m$ 番目のシンボル $t_{k,m} = \{k + (m/N)\} T_p$ で示される。ただし、 $k=1, 2, \dots, m=1, 2, \dots, N$ である。ここで、 $k$ 番目のフレームの1番目のシンボルがパイロットシンボルのタイミングだとすると、このタイミングは $t = t_{k,1}$ で表すことができる。これ以後、説明を容易にするため、各フレームの1番目のシンボル( $m=1$ )をパイロットシンボルと仮定する。このパイロットシンボルの挿入された複素ベースバンド信

$$x(t) = \{a_I(t) + ja_Q(t)\} \exp[j\omega t] \quad (3)$$

ここで、 $j$ は虚数単位を示し、

$a_I(t)$  : 送信複素ベースバンド信号の同相成分

$a_Q(t)$  : 送信複素ベースバンド信号の直交成分

$\omega$  : 送信角周波数

特有のフェージング変動を克服する技術が必要となる。このフェージング対策技術として以下に示すフェージング変動補償装置がある。図5、6は通信総合研究所季報第37巻第1号1991年2月に示されたパイロットシンボルを用いたフェージング変動補償装置を有する16QAM変復調装置の構成である。図6の送信機側において、11はベースバンド信号生成部、12はパイロットシンボル挿入部、13はD/A変換部、14は低域通過フィルタ、15は直交変調部である。また、図5の受信機側において、1は帯域通過フィルタ、2はAGC、3は直交復調部、4はA/D変換部であり、このA/D変換部でデジタル信号に変換された受信複素ベースバンド信号21は、パイロットシンボル検出部6およびフェージング補償部8、フェージング推定部18に入力される。また、フェージング推定部18からはパイロットシンボルにおけるフェージングの推定値22が出力されフェージング補償部8に入力される。フェージング補償部8の出力であるフェージング変動の補償された複素ベースバンド信号23は受信信号の判定部9に入力される。なお、5はシンボルクロック再生部である。

【0003】次に動作について説明する。送信機においてベースバンド信号生成部11では送信情報系列（デジタルデータ）から16QAM変調された複素ベースバンド信号を発生する。パイロットシンボル挿入部12ではベースバンド信号発生部11で発生した複素ベースバンド信号（情報シンボル）の $N$ シンボル毎に1シンボルフェージング変動の測定用の既知の振幅と位相を有するパイロットシンボルを挿入する。このときのパイロットシンボルの挿入間隔の例を図7に示す。ここで20がパイロットシンボル、19が情報シンボルである。図7においては、フレーム長（パイロットシンボルから次のパイロットシンボルまでのシンボル数） $N$ は4の場合を示している。また、シンボルタイミングの周期を $T_g$ とすると、パイロットシンボルのタイミングの周期 $T_p$ は次式で示される。

$$(1)$$

ボルのタイミング $t_{k,m}$ は、

$$(2)$$

号をD/A変換部13でアナログ信号に変換し、低域通過フィルタ14で帯域制限した後、直交変調部15で変調し送信する。この従来例では変調装置として搬送波の同相成分と直交成分に情報を担わせる変調方式である16QAMを用いている。このときの送信信号 $x(t)$ は以下のように記される。

$$\text{である。}$$

【0004】受信側においては、陸上移動通信特有の包絡線と位相が急激に変動するフェージングを受けた信号を受信する。この時の受信信号 $y(t)$ は次式で示され

様に  $x(t)$  にフェージング変動が乗積された形となる。

$$y(t) = x(t) r(t) \exp[j\theta(t)]$$

ただし、

$r(t)$  : フェージングによる振幅変動

$\theta(t)$  : フェージングによる位相変動

である。はじめに、帯域通過フィルタ1で受信信号の帯域外雑音を除去し、AGC2でA/D変換部4におけるダイナミックレンジを確保する。この信号を用いてシン

$$\begin{aligned} u(t) &= u_I(t) + j u_Q(t) \\ &= c(t) \{a_I(t) + j a_Q(t)\} \end{aligned} \quad (5)$$

ここで、

$$\begin{aligned} c(t) &= r(t) \exp[j\theta(t)] \\ &= c_I(t) + j c_Q(t) \end{aligned} \quad (6)$$

はフェージング変動の複素包絡線であり、 $c_I(t)$ 、 $c_Q(t)$  はそれぞれ、フェージング変動の同相成分と直交成分を示す。

【0005】パイロットシンボル検出部6においてはこの複素ベースバンド信号から、送信側のパイロットシン

$$\begin{aligned} u_p(t_{k,1}) &= r(t_{k,1}) \exp[j\theta(t_{k,1})] \{a_{PI}(t_{k,1}) + j a_{PQ}(t_{k,1})\} \\ &= c(t_{k,1}) \{a_{PI}(t_{k,1}) + j a_{PQ}(t_{k,1})\} \end{aligned} \quad (7)$$

で示される。なお、 $a_{PI}(t_{k,1})$ 、 $a_{PQ}(t_{k,1})$  はパイロットシンボルの複素ベースバンド信号の同相成分と直交成分を表し、ここで、パイロットシンボルの振幅と位相の値は既知なので、受信側において  $a_{PI}(t_{k,1})$ 、 $a_{PQ}(t_{k,1})$  の値を用いてフェージング変動

$$\begin{aligned} c_M(t_{k,1}) &= u_p(t_{k,1}) / \{a_{PI}(t_{k,1}) + j a_{PQ}(t_{k,1})\} \\ &= r_M(t_{k,1}) \exp[j\theta_M(t_{k,1})] \\ &= c_{MI}(t_{k,1}) + j c_{MQ}(t_{k,1}) \end{aligned} \quad (8)$$

となる。なお、雑音の影響は無視した場合、フェージング変動の測定値  $c_M(t_{k,1})$  は実際のフェージング変動  $c(t_{k,1})$  に等しくなる。次に、この値を用いて情報シンボルにおけるフェージング変動の推定値22を求める。

【0007】フェージング推定部18におけるフェージング推定方式の詳細について述べる。パイロットシンボルの挿入間隔は図7に示したとおりであるので、フェージング変動の測定値  $c_{MI}(t_{k,1})$ 、 $c_{MQ}(t_{k,1})$  は、フェージング変動をパイロットシンボルの挿入間隔  $T_p$  で標本化したことに相当する。ただし、 $k=1, 2, 3, \dots$  とする。従って、フェージング変動に含まれる周波数成分が  $1/2 T_p$  以下ならば、標本化定理により標本値  $c_{MI}(t_{k,1})$ 、 $c_{MQ}(t_{k,1})$  を理想低域通過フィルタに通すことでフェージング変動が再現され、情報シンボルにおけるフェージング変動の推定が可能となる。しかし、この従来例では、装置化の容易性や処理遅延を考慮し、装置規模が大きく、処理遅延も大きくなる理想低域通過フィルタを用いず、低い次数（今回の従来例では2次（3タップ）のFIRフィルタ、係

ボルクロック再生部5ではシンボルクロックを再生し、フェージング推定部18、フェージング補償部8へ供給する。さらに、直交復調部3で受信信号を復調し複素ベースバンド信号に変換する。さらに、直交復調部3で複素ベースバンドに変換された信号はA/D変換部4でデジタル信号に変換する。このときの受信複素ベースバンド信号21は次式で示される。なお、 $u_I(t)$ 、 $u_Q(t)$  は受信複素ベースバンド信号の同相および直交成分である。

ボル挿入部で定期的に挿入された既知の振幅と位相を持つパイロットシンボルを検出する。この検出したパイロットシンボル  $u_p(t)$  は、パイロットシンボルのタイミングが  $t=t_{k,1}$  だから、

量  $c(t_{k,1})$  を求めることができる。

【0006】フェージング推定部18ではパイロットシンボル検出部6で検出したパイロットシンボルから各パイロットシンボルにおけるフェージングの変動量を測定する。その測定結果  $c_M(t)$  は、

数はガウスの補間公式)のフィルタを用いて装置化を行っている。これは、パイロットシンボルにおけるフェージング変動の測定値  $c_{MI}(t_{k,1})$ 、 $c_{MQ}(t_{k,1})$  および1フレーム前のパイロットシンボルにおけるフェージング変動の測定値  $c_{MI}(t_{k-1,1})$ 、 $c_{MQ}(t_{k-1,1})$  と1フレーム後のパイロットシンボルにおけるフェージング変動の測定値  $c_{MI}(t_{k+1,1})$ 、 $c_{MQ}(t_{k+1,1})$  を用い、数1に示すフィルタ操作を行うことで、パイロットシンボル以外のシンボル（情報シンボル）におけるフェージングの振幅変動の推定値  $r_E(t_{k,x})$  と位相変動の推定値  $\theta_E(t_{k,x})$ 、または、フェージング変動の同相成分および直交成分  $c_{EI}(t_{k,x})$ 、 $c_{EQ}(t_{k,x})$  を推定する。ただし、 $x=2, 3, \dots, N$  である。

【0008】

【数1】

$$c_E(t_{k,x}) = Q_{-1,1}\left(\frac{x}{N}\right)c_M(t_{k-1,1}) \\ + Q_{0,1}\left(\frac{x}{N}\right)c_M(t_{k,1}) \\ + Q_{+1,1}\left(\frac{x}{N}\right)c_M(t_{k+1,1})$$

【0009】但し、 $Q_{a,b}$  は以下に示すフェージング変動推定用フィルタのタップ係数である。

【0010】

【数2】

$$Q_{-1,1}\left(\frac{x}{N}\right) = \frac{1}{2}\left(\frac{x}{N}\right)^2 - \frac{x}{N} \\ Q_{0,1}\left(\frac{x}{N}\right) = 1 - \left(\frac{x}{N}\right)^2 \\ Q_{+1,1}\left(\frac{x}{N}\right) = \frac{1}{2}\left(\frac{x}{N}\right)^2 + \frac{x}{N}$$

【0011】フェージング補償部8では、フェージング推定部18で得られたフェージングの変動の推定値22を用い、その逆特性を複素ベースバンド信号に乗積することで、情報シンボルの複素ベースバンド信号のフェージングを補償し、フェージング変動の補償された複素ベースバンド信号23を得る。つぎに、このフェージング変動の補償された信号を判定部9で判定を行いフェージング変動の補償された複素ベースバンド信号からデジタルデータを再生する。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】従来例では、装置規模や処理遅延を小さくするため、フェージング変動の推定に理想低域通過フィルタを用いずに、次数（タップ数）の少ない低域通過フィルタを用いている。ここで実際の受信系を考えると、受信信号（情報シンボルおよびパイロットシンボル）はフェージング変動にガウス雑音が重畳して受信される。ここで、ガウス雑音は平均0の雑音である。このフェージング変動を受け雑音の重畳したパイロットシンボルからフェージング変動を推定する場合、理想低域通過フィルタなどの十分に次数の高い（タップ数の多い）フィルタを用いれば、パイロットシンボルに重畳した雑音の影響は平均化され、フェージング推定に影響しない（フェージング変動が十分な精度で推定できる）。しかし、従来例の様に次数の低い（タップ数の少ない）フィルタを用いると、パイロットシンボルに重畳した雑音は十分に平均化されないため、推定精度が劣化するという欠点があった。また、パイロットシンボルに重畳した雑音の影響を十分に平均化しようとすると、次数の高い（タップ数の多い）フィルタで長時間にわたり雑音を平均化する必要があるため、処理遅延が大きいという欠点があった。

【0013】この発明はかかる課題を解決するためになされたものであり、装置規模や処理遅延を増大させずに、フェージング推定の推定精度を向上させることを目

的とする。

【0014】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するために、この発明の請求項1に係わるフェージング補償装置では、パイロットシンボルを用いたフェージング変動補償装置に、判定結果を用い情報シンボルにおけるフェージング変動を測定する手段を備え、パイロットシンボルにおけるフェージング変動と、判定結果を用い情報シンボルから測定した情報シンボルにおけるフェージング変動を用いてフェージング変動の推定をおこなう。この発明の請求項2に係わるフェージング補償装置では、請求項1記載のフェージング推定装置において、送信機側に誤り訂正符号化部を備え、受信機側の判定部とフェージング変動推定部の間に誤り訂正部を備える。

【0015】

【作用】上記のように構成された請求項1に係わるフェージング変動補償装置では、フェージング推定部においてパイロットシンボルにおけるフェージング変動のみではなく、情報シンボルにおけるフェージング変動も用いてフェージング変動の推定を行うことで、受信信号に重畳した雑音の影響が十分に平均化され、その結果、高精度のフェージング推定が可能となり、フェージング補償の精度が向上できる。上記のように構成された請求項2に係わるフェージング変動補償装置では、請求項1に係る発明に誤り訂正方式を付加することにより、請求項1に係る発明で判定誤りが生じた場合でも誤り訂正が行われるため、フェージングの推定精度の劣化が生じないため、判定誤りが生じたときの特性の劣化を防止できる。

【0016】

【実施例】実施例1. 以下、この発明の実施例1を図を参照して説明する。図1はこの発明の実施例1を示すフェージング補償装置を用いた受信装置の構成図である。なお、図2に示すこの発明の送信装置は従来例の図6と同一である。図中、10は再変調部、7はパイロットシンボル検出部で検出されたパイロットシンボルのからパイロットシンボルにおけるフェージング変動を測定し、さらに、再変調部10から帰還された情報シンボルの再変調信号とA/D変換部4で標本化された情報シンボルの受信信号を比較し、情報シンボルにおけるフェージング変動を測定し、これらパイロットシンボルおよび情報シンボルにおけるフェージング変動の測定値から情報シンボルにおけるフェージング変動を推定するフェージング変動推定部である。このフェージング補償部7の出力はパイロットシンボルおよび情報シンボルにおけるフェージング変動の測定値から推定した情報シンボルのフェージング変動の推定値24である。この推定値24はフェージング補償部8に入力される。また、フェージング補償部8の出力25は情報シンボルのフェージング変動の推定値24を用いてフェージング変動が補償された複素ベースバンド信号であり、判定部9に入力される。な

お、1～6、8、9、21は従来例と同一のものである。

【0017】上記のような構成をもつフェージング補償装置の動作について説明する。なお、送信機側および受信機側の1～6、8、9の動作については従来例と同一であるので説明を省略する。まず、パイロットシンボル検出部6で、直交復調部3でベースバンドへ変換されA/D変換器4でサンプリングした受信信号からパイロットシンボルを検出する。このパイロットシンボル検出部6で検出したパイロットシンボルおよび、後述する再変調部10で判定結果から得られた再変調結果を基にフェージング推定部7では情報シンボルにおけるフェージング変動を推定する。なお、このフェージング推定部7の動作の詳細については後述する。このフェージング推定部7で得られた情報シンボルにおけるフェージング変動の推定値24を用いて、その逆特性を受信信号に乘積することで、情報シンボルにおけるフェージング変動を補償し、フェージング変動の補償された複素ベースバンド信号25を得る。判定部9ではフェージング補償部でフェージング変動の補償された信号の判定を行い、例えば、16QAMなどの受信信号から送信情報系列（デジタルデータ）を再生する。

$$\begin{aligned} u(t_{k-1,x}) &= c_i(t_{k-1,x}) a_i(t_{k-1,x}) + j c_q(t_{k-1,x}) a_q(t_{k-1,x}) \\ &= r(t_{k-1,x}) \exp[j\theta(t_{k-1,x})] \{a_i(t_{k-1,x}) + j a_q(t_{k-1,x})\} \\ d_r(t_{k-1,x}) &= a_i(t_{k-1,x}) + j a_q(t_{k-1,x}) \end{aligned} \quad (9)$$

となる。ただし、各フレームの第1番目のシンボルはパイロットシンボルなので、 $x=2, 3, 4, \dots, n$ 。  
なお、 $n$ はフレーム長であり、判定結果に誤りのない場

合を仮定した。このことから、情報シンボルにおけるフェージング変動 $c_m(t_{k-1,x})$ は次式で求められる。

$$\begin{aligned} c_m(t_{k-1,x}) &= u(t_{k-1,x}) / d_r(t_{k-1,x}) \\ &= [r(t_{k-1,x}) \exp[j\theta(t_{k-1,x})] \{a_i(t_{k-1,x}) + j a_q(t_{k-1,x})\}] / \{a_i(t_{k-1,x}) + j a_q(t_{k-1,x})\} \\ &= r(t_{k-1,x}) \exp[j\theta(t_{k-1,x})] = c_{mi}(t_{k-1,x}) + j c_{mq}(t_{k-1,x}) \end{aligned} \quad (11)$$

この測定値 $c_m(t_{k-1,x})$ とパイロットシンボルにおける測定値 $c_m(t_{k-1,1})$ 、 $c_m(t_{k,1})$ 、 $c_m(t_{k+1,1})$ から、数3に従がい、情報シンボルのフェージング変動を推定する。

【0021】

【数3】

【0018】再変調部10では、判定部9で再生された送信情報系列（デジタルデータ）から再度複素ベースバンド信号を生成する。この動作は図6のベースバンド信号生成部11と同一である。この複素ベースバンド信号は受信データから再生されたものであるから、受信データに判定誤りがないとすれば、フェージング変動を受けていない送信複素ベースバンド信号に相当するものが再生される。従って、フェージング推定部7で、この再変調した複素ベースバンド信号と、受信複素ベースバンド信号を比較すれば、情報シンボルにおけるフェージング変動量が測定できる。

【0019】フェージング推定部7では、従来例のフェージング推定部18と同様にパイロットシンボル検出部6で検出されたパイロットシンボルを用い、パイロットシンボルにおけるフェージング変動量を測定する。さらに、フェージング推定部7では再変調部10で得られた再変調結果と受信信号から、情報シンボルにおけるフェージング変動を以下のように推定する。

【0020】受信した情報シンボルの複素ベースバンド信号を $u(t_{k-1,x})$ と、再変調した複素ベースバンド信号 $d_r(t_{k-1,x})$ は、

$$\begin{aligned} c_E(t_{k,x}) &= Q_{-1,1}\left(\frac{x}{N}\right) c_M(t_{k-1,1}) \\ &\quad + Q_{-1,2}\left(\frac{x}{N}\right) c_M(t_{k-1,2}) \\ &\quad + \dots \\ &\quad + Q_{-1,N}\left(\frac{x}{N}\right) c_M(t_{k-1,N}) \\ &\quad + Q_{0,1}\left(\frac{x}{N}\right) c_M(t_{k,1}) \\ &\quad + Q_{+1,1}\left(\frac{x}{N}\right) c_M(t_{k+1,1}) \end{aligned}$$

【0022】但し、 $Q_{a,b}$ はフェージング変動推定用フィルタのタップ係数である。

【0023】上記のフェージング変動の推定値24を用い、フェージング補償部8では推定値24の逆特性を乗積することで、複素ベースバンド信号のフェージングを

補償し、フェージング変動の補償された複素ベースバンド信号25を得る。

【0024】従来、時刻 $t_{k-1,1}$ 、 $t_{k,1}$ 、 $t_{k+1,1}$ のパイロットシンボルにおけるフェージング変動の測定値から、3タップのFIRフィルタを構成し、時刻 $t_{k,x}$ 、 $x=2, 3, \dots, n$ のフェージング変動を推定しているのに対し、本発明におけるフェージング補償装置は、以上の様に構成されているので、時刻 $t_{k-1,1}$ 、 $t_{k,1}$ 、 $t_{k+1,1}$ の3個のパイロットシンボルを推定に用いるのみではなく、時刻 $t_{k-1,2}$ 、 $t_{k-1,3}$ 、 $\dots$ 、 $t_{k-1,n}$ の情報シンボルにおけるフェージング変動も用いて、 $3 + (N-1)$ タップのFIRフィルタを構成しフェージング変動を推定するので、受信信号（情報シンボルおよびパイロットシンボル）に重畳したガウス雑音の影響が十分に平均化され、より高精度なフェージングの推定が可能となる。その結果、高精度のフェージング変動の補償が可能となる。

【0025】実施例2. 以下、この発明の実施例2を図を参照して説明する。図3、4はこの発明の実施例2を示すフェージング補償装置を用いた送受信装置の構成図

$$d(t_{k-1,x}) = d_i(t_{k-1,x}) + j d_q(t_{k-1,x}) \quad (12)$$

なお、 $d(t_{k-1,x})$ は判定誤りを含むので、 $d_i(t_{k-1,x})$ 、 $d_q(t_{k-1,x})$ は送信複素ベースバンド信

$$\begin{aligned} c_m(t_{k-1,x}) &= d(t_{k-1,x}) / d_r(t_{k-1,x}) \\ &= [r(t_{k-1,x}) \exp[j\theta(t_{k-1,x})] \{d_i(t_{k-1,x}) + j d_q(t_{k-1,x})\}] / \{a_i(t_{k-1,x}) + j a_q(t_{k-1,x})\} \end{aligned} \quad (13)$$

ここで、

$$\{d_i(t_{k-1,x}) + j d_q(t_{k-1,x})\} / \{a_i(t_{k-1,x}) + j a_q(t_{k-1,x})\} \neq 1 \quad (14)$$

従がって

$$\begin{aligned} c_m(t_{k-1,x}) &\neq r(t_{k-1,x}) \exp[j\theta(t_{k-1,x})] \\ &= c_i(t_{k-1,x}) + j c_q(t_{k-1,x}) \end{aligned} \quad (15)$$

となる。この様に、フェージング変動の測定結果に誤差が含まれると、フェージングの測定値 $c_m(t_{k-1,x})$ がフェージング変動と異なるため、フェージング変動の推定精度が劣化し、伝送特性が劣化してしまうという問題点があった。

【0029】これに対し本発明の実施例2では、誤り訂正方式を付加しているため、ビット誤りの確率が従来例1よりも小さくなり、情報シンボルのフェージング変動の測定時にビット誤りによる誤差が含まれる確率が小さくなる。その結果、フェージング変動の推定精度の劣化が従来例1に比べて小さく抑えられるので、伝送特性の劣化を防止できる。

【0030】上記実施例では、変調方式として16QAMを用いた場合について説明したが、変調方式として、16QAM以外の他の変調方式を用いた場合でも上記実施例と同様の効果を奏する。また、上記実施例において、パイロットシンボルとして既知の任意の振幅および位相をもつ信号点を用いた場合においても、上記実施例

である。図中17は誤り訂正符号化部、16は誤り訂正部である。1～15は従来例および実施例1と同一のものであるので説明を省略する。

【0026】はじめに、図4の送信装置で誤り訂正符号化部17では、送信情報系列を誤り訂正符号化する。この誤り訂正符号化されたデータ系列を用いて11～15では、従来例および実施例1と同様に送信信号を生成する。

【0027】つぎに図3の受信装置において誤り訂正部16では、判定部9で得られたデジタルデータから誤り訂正を行い送信情報系列を再生する。誤り訂正符号化部17では、誤り訂正部16で誤り訂正された送信情報系列を用いて再度送信側と同一の誤り訂正符号化を行い、その結果を再変調部10へ入力する。

【0028】実施例1. で、情報シンボルにおけるフェージング変動を測定するときに、判定部で得られたデジタルデータにビット誤りがある場合、式11は以下に示すようになりフェージング変動の測定に誤差が含まれてしまう。ただし、 $d(t_{k-1,x})$ は判定誤りを含んだ再変調信号である。

号 $a_i(t_{k-1,x})$ 、 $a_q(t_{k-1,x})$ とは異なる値を持つ。

と同様の効果を奏する。上記実施例では、フェージングの推定に2次FIRフィルタを用いているが、フェージングの推定に2次以外の次数を有するフィルタを用いた場合でも同様の効果を奏する。また、このフィルタの係数として、この実施例に示した以外の係数を用いても同様の効果を奏する。さらに、本実施例においては、FIRフィルタを用いたが、これ以外の形式のフィルタを用いた場合でも同様の効果を奏する。上記実施例と異なった位置またはパイロットシンボルの挿入間隔を用い、情報シンボルのフェージング変動を推定・補償する場合においても本発明は同様の効果を奏することはいうまでもない。また、上記実施例では、 $t_{k,2}$ 、 $t_{k,3}$ 、 $\dots$ 、 $t_{k,N}$ におけるフェージング変動を補償する場合を示したが、これ以外の時刻におけるフェージング変動を補償する場合においても同様の効果を奏することはいうまでもない。さらに、上記実施例では送信側で複素ベースバンド信号の生成その他をデジタル信号処理で行っている場合について記したが、アナログ的に複素ベースバン

ド信号の生成その他を行った場合も同様の効果を奏する。また、受信側についても同様にアナログ信号処理でパイロットシンボルの検出、フェージング変動の推定・補償などを行った場合でも同様の効果を奏する。なお、信号処理をアナログで行った場合には上記実施例におけるA/D、D/A変換器は用いられないが、その場合においても所期の目的を達成できることはいうまでもない。上記実施例において帯域通過フィルタ1、AGC2、低域通過フィルタ14を用いなかったり、その順序が上記実施例と異なる場合においても所期の目的を達成できることはいうまでもない。

#### 【0031】

【発明の効果】この請求項1に係る発明は、以上説明したように構成されるため、以下に記載されるような効果を奏する。

【0032】フェージング推定部においてパイロットシンボルにおけるフェージング変動のみではなく、再変調部で得られた情報シンボルの再変調信号を用いて、情報シンボルにおけるフェージング変動も用いて、フェージング変動を推定するので、従来例のようにパイロットシンボルのフェージング変動のみを用いて情報シンボルのフェージング変動を推定する場合に比べ、受信信号（情報シンボルおよびパイロットシンボル）に重畳したガウス雑音の影響が十分に平均化され、より高精度なフェージングの推定が可能となる。その結果、高精度のフェージング変動の補償が可能となる。高精度のフェージング推定が可能となり、フェージング補償の精度が向上できる。

【0033】この請求項2に係る発明は、以上説明したように構成されるため、以下に記載されるような効果を奏する。

【0034】請求項1に係る発明に誤り訂正方式を付加することにより、請求項1に係る発明で判定誤りが生じた場合の特性の劣化を防止できる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の実施例1の受信装置のブロック図である。

【図2】この発明の実施例1の送信装置のブロック図である。

【図3】この発明の実施例2の受信装置のブロック図で

ある。

【図4】この発明の実施例2の送信装置のブロック図である。

【図5】従来のパイロットシンボルを用いたフェージング補償装置の受信装置のブロック図である。

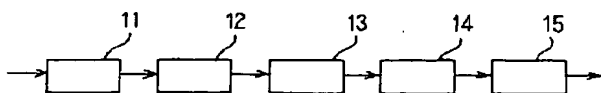
【図6】従来のパイロットシンボルを用いたフェージング補償装置の送信装置のブロック図である。

【図7】パイロットシンボルの挿入間隔を説明するためのフレーム構成の例である。

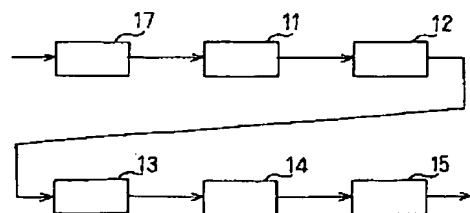
#### 【符号の説明】

- 1 帯域通過フィルタ
- 2 AGC
- 3 直交復調部
- 4 A/D変換部
- 5 シンボルクロック再生部
- 6 パイロットシンボル検出部
- 7 フェージング推定部
- 8 フェージング補償部
- 9 判定部
- 10 再変調部
- 11 ベースバンド信号生成部
- 12 パイロットシンボル挿入部
- 13 D/A変換部
- 14 低域通過フィルタ
- 15 直交変調部
- 16 誤り訂正部
- 17 誤り訂正符号化部
- 18 従来のフェージング推定部
- 19 情報シンボル
- 20 パイロットシンボル
- 21 受信複素ベースバンド信号
- 22 情報シンボルにおけるフェージング変動の推定値
- 23 フェージング変動の補償された複素ベースバンド信号
- 24 パイロットシンボルおよび情報シンボルにおけるフェージング変動の測定値から推定した情報シンボルのフェージング変動の推定値
- 25 フェージング変動が補償された複素ベースバンド信号

【図2】

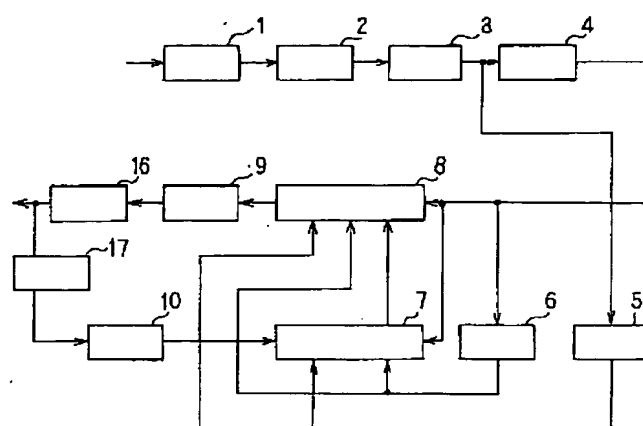
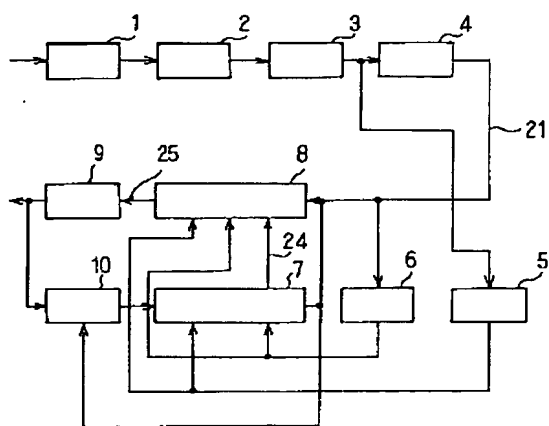


【図4】

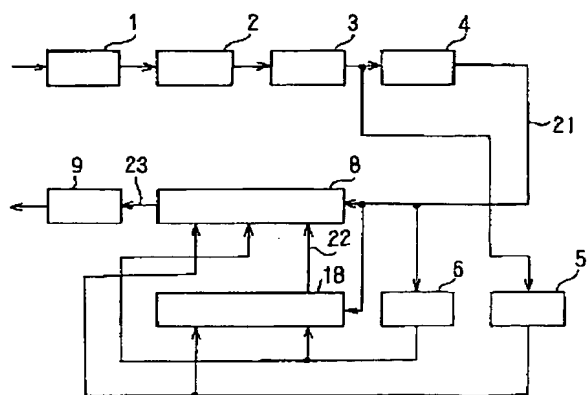




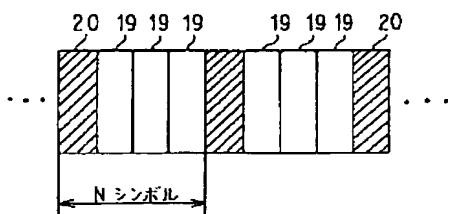
【図 3】



【図 6】



【图7】

$$R = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 2 & 2 & 2 & 2 & 3 \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 1 & 2 & 3 & 4 & 1 \end{pmatrix}$$


(51)Int.Cl.6

識別記号

庁内整理番号

C 7406-5 K

FI

### 技術表示箇所

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**